

# Phosphorrückgewinnung aus Urin mittels Struvitfällung in einem Frankfurter Bürogebäude

Martina Winker, Stefania Paris, Johanna Heynemann, David Montag

## Hintergrund

Urin ist eine interessante Rohstoffquelle, enthält er doch Stickstoff, Phosphor und Kalium in bedeutenden Mengen. Neuartige Sanitärsysteme bieten die Möglichkeit der Stoffstromtrennung und der getrennten Erfassung auch dieses Teilstroms (DWA, 2008). Solche Systeme dienen der Schließung lokaler Stoffstromkreisläufe. In der Praxis kann mit diesen neuen Konzepten der Verbrauch von Trinkwasser verringert werden, die separierten Abwasserteilströme mit geringerem finanziellen Aufwand transportiert, behandelt und wiederverwendet werden.

In den vergangenen Jahren wurden im deutschsprachigen Raum einige viel versprechende Beispiele neuartiger Sanitärsysteme implementiert. Auch die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH hat bei Modernisierungsmaßnahmen in ihrer Zentrale in Eschborn bei Frankfurt ein neuartiges Sanitärsystem zur getrennten Erfassung von Urin, Braun- und Grauwasser eingebaut (Abbildung 1). Seit 2009 wird nun durch das BMBF-finanzierte Projekt SANIRESCH (SanitärRecycling Eschborn) die Behandlung und Verwertung der Abwasserströme gemeinsam mit den Projektpartnern RWTH Aachen (ISA), Universität Bonn, Fachhochschule Gießen-Friedberg, HUBER SE und Roediger Vacuum GmbH (im mittleren Gebäudeteil des Haupthauses) umgesetzt.

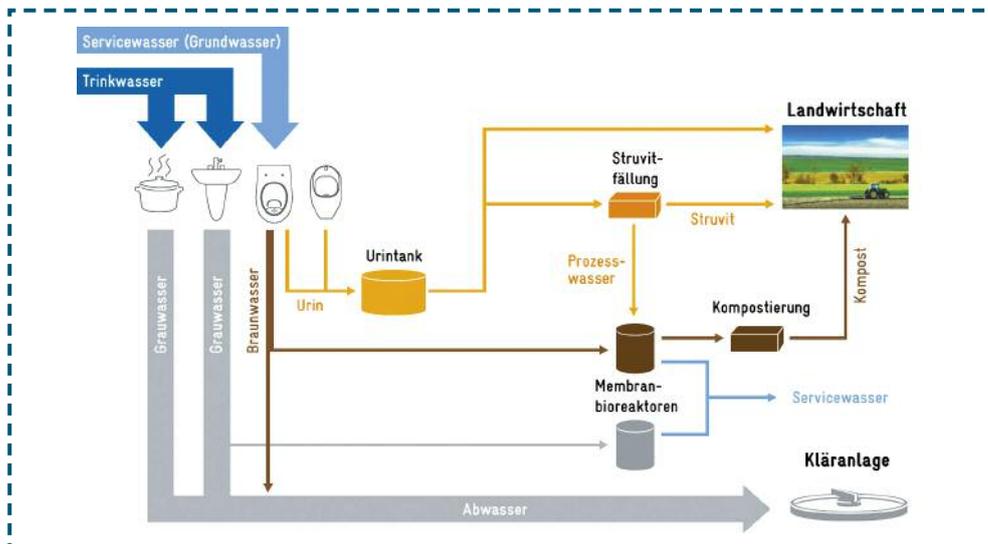
## Gebäude- und Verfahrenstechnik

Für die getrennte Sammlung des Urins sind 25 wasserlose Urinale (Firma Keramag, Modell Centaurus) und 48 Spültrenntoiletten (Firma Roediger Vacuum) eingebaut. Pro Werktag werden zurzeit ca. 200 l Urin gesammelt. Der gesammelte Urin wird in einem Reaktor der Firma HUBER SE behandelt, der eine theoretische Kapazität von 400 l Urin pro Tag hat. Dieser speziell entwickelte MAP-Fällungsreaktor wurde im Juni 2010 in Betrieb genommen. Er hat Datenfernübertragung und besteht aus einem Fällungsbehälter mit Rührwerk,

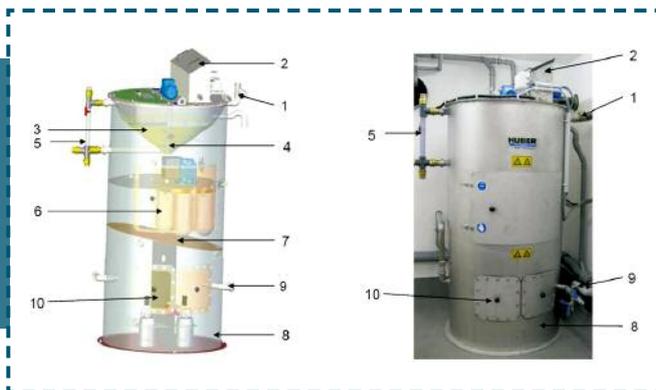
einem Beutelförderer als Dosierstation für Magnesiumoxid (MgO) und einer Filtrationseinheit mit 5 Filtersäcken (Abbildung 2). Nach Zugabe von MgO entsteht – zusammen mit dem im Urin enthaltenen Ammonium und Phosphat – das Kristall Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP), welches sich leicht von der flüssigen Phase durch Absetzen und Trocknen trennen lässt in fester Form.

Der Reaktor arbeitet im halbautomatisierten Batchverfahren. Zu Beginn eines Zyklus laufen bis zu 50 l Urin in den trichterförmigen Fällungsbehälter ein. Anschließend wird über die Dosiereinheit mit Beutelförderer eine adäquate Menge pulverförmiges MgO als Fällungsmittel dazugegeben. Das MgO wird (angepasst an die Phosphorkonzentration des jeweiligen Urins) vorab in Beutel aus Polyvinylalkohol – ein wasserlösliches, synthetisches Polymer – eingeschweißt. Durch Kontakt mit der Flüssigkeit löst sich der thermoplastische Kunststoff innerhalb einer halben Minute auf und das MgO wird durch das Rührwerk im Reaktor mit dem Urin vermischt.

Das Magnesium verbindet sich mit dem Phosphat und Ammonium und bildet MAP, welches auch als Struvit bezeichnet wird. Nach einer Kristallisations- (die MAP-Kristalle brauchen ca. 30 min für ihre Bildung) und Sedimentationszeit von drei Stunden werden der MAP-angereicherte Urin (ca. 5 l) und der Urin-Überstand (ca. 25 l) in getrennte Filtersäcke abgelassen. Die derzeit verwendeten >>>



Übersicht über das angestrebte Abwassersystem für den Mittelteil des Haupthauses der GTZ in Eschborn (alle Komponenten außer der Braun- und Grauwasserbehandlung sind schon in Betrieb).



MAP-Fällungsreaktor der Firma HUBER SE. Links: 3-D-Schema des Reaktors. Rechts: Installierter Reaktor im Keller des GTZ-Hauptgebäudes. Mit „Prozesswasser“ ist hier der abgereicherte Urin gemeint.

1 Einlauf | 2 Dosiereinheit | 3 Fällungsbehälter | 4 Rührwerk  
5 Anzeiger der Füllstandshöhe

Filtersäcke aus Nylon haben eine Porengröße von 5 µm. Das MAP wird zurückgehalten und der Urin-Überstand tropft hindurch. Diese Flüssigkeit wird in der Kammer im unteren Reaktorteil gesammelt (siehe Abbildung 2) und müsste einer weiteren Behandlung zugeführt werden, da sie noch einen hohen Ammoniumgehalt hat (dieses Verfahren entfernt typischerweise nur 10% des im Urin enthaltenen Ammoniums).

#### Bisherige Ergebnisse

Insgesamt werden 20 Zyklen von je 3,5 Stunden gefahren, bevor die fünf Filtersäcke gewechselt werden müssen (d.h. nach 2,5 Tagen). Ein Zyklus besteht aus den folgenden Schritten: Fällungsbehälter befüllen, rühren, kristallisieren & sedimentieren, ablassen des Gemisches in die Filtersäcke, Abtropfen des Urin-Überstands durch die Filtersäcke und Sammeln des Urin-Überstandes in der Sammelkammer im unteren Reaktorteil. Alle drei Tage werden die Filtersäcke von Hand aus der Halterung genommen und in eine Trocknungstruhe zum weiteren Abtropfen gehängt. Nach 3 weiteren Tagen wird die halbtrocknete „MAP-Paste“ aus den Filtersäcken herausgekratzt und in einem Trockenschrank bei 40°C über einen Zeitraum von ca. 4 Tagen vollständig getrocknet. Zurzeit wird der Reaktor pro Zyklus mit 30 l Urin befüllt und es werden jeweils 9 g MgO zugegeben. Pro Filtersack wird nach dem Abtropfen in der Trocknungstruhe ca. 1 kg nasses MAP („MAP-Paste“)

entnommen. Die Zusammensetzung des trockenen MAP (ermittelt aus ersten Stichproben) ist 110 g P kg<sup>-1</sup>, 42 g N kg<sup>-1</sup> und 100 g Mg kg<sup>-1</sup>. Die im Urin enthaltenen pharmazeutischen Wirkstoffe sind im ausgefallten MAP nicht mehr eingeschlossen. Ob pharmazeutische Wirkstoffe an der Oberfläche der MAP-Kristalle anhaften oder Bestandteil eines organischen Anteils bilden, wird im Rahmen des Projektes noch analysiert werden.

Der Energieverbrauch des MAP-Reaktors ist minimal, da nur Energie für die MgO-Dosierungseinheit, das Rührwerk und das Drehen der Filtersäcke benötigt wird. Im Zuge der Optimierung des MAP-Reaktors wurden Filtersäcke aus zwei verschiedenen Materialien verglichen. Filtersäcke aus Nylon zeigen deutliche Vorteile verglichen mit Filtersäcken aus Nadelfilz (Polypropylen) im Hinblick auf den Betrieb: deutlich mehr MAP bleibt im Gewebe der Nadelfilzsäcke zurück und geht somit für eine Nutzung verloren. Die Nylonfiltersäcke können hingegen ohne nennens-

werte Verluste von der MAP-Paste befreit und die Säcke daher mehrfach verwendet werden. Der Nachteil der Nylonsäcke ist, dass diese erheblich teurer sind (EUR 38 pro Stück gegenüber EUR 2,50 pro Stück für Nadelfilzsäcke). Die Gesamtlebenszeit der Nylonsäcke wird derzeit noch untersucht, bisher haben sich nach 3 Monaten aber noch keine Verschleißerscheinungen bemerkbar gemacht.

#### Weitere Untersuchungen

Der gelagerte Urin wurde diesen Frühjahr/Sommer in Freilandversuchen bei Bonn in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt. Im Frühjahr 2010 wird dann auch MAP zum Einsatz kommen und dessen Düngewirkung demonstriert und untersucht werden. Daneben wird derzeit eine Wirtschaftlichkeitsanalyse des MAP-Prozesses durchgeführt. Hier soll die Wirtschaftlichkeit der Nutzung von gelagertem Urin mit der Nutzung von MAP verglichen werden.

#### Dank

Diese Veröffentlichung entstand im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts SANIRESCH ([www.saniresch.de](http://www.saniresch.de)) und wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 02WD0947-52 gefördert. Die Autoren danken dem BMBF für diese Förderung. Es wird darauf hingewiesen, dass die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung bei den Autoren liegt. Außerdem danken die Autoren recht herzlich den SANIRESCH-Partnern Elisabeth von Münch, Ute Arnold, Celine Schlapp, Bettina Schürmann, Markus Röhrich und Johannes Pinnekamp für die Unterstützung bei dieser Veröffentlichung.

#### Referenzen

DWA (2008) Neuartige Sanitärsysteme (NASS). DWA-Themenband. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Deutschland.

**Im Mai 2011 findet in Leipzig eine fbr-Fachtagung „Wasserautarkes Grundstück“ statt. Das Programm sowie Anmeldeinformationen finden Sie im Internet unter [www.fbr.de](http://www.fbr.de)**



Gewonnenes und in Flaschen abgefülltes MAP. (Foto von Martina Winker, 2010).



Innenansicht zweier parallel eingesetzter Filtersäcke nach vier Zyklen Befüllung nach der Entnahme aus dem Reaktor. Links: Filtersack aus Nadelfilz. Rechts: Filtersack aus Nylon. (Fotos von Johanna Heynemann, 2010).